

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 100 49 926 A 1**

51 Int. Cl.7: 32134
G 03 B 37/02

21 Aktenzeichen: 100 49 926.0
22 Anmeldetag: 7. 10. 2000
43 Offenlegungstag: 11. 4. 2002

DE 100 49 926 A 1

71 Anmelder:
Massen, Robert, Prof. Dr., 78337 Öhningen, DE
74 Vertreter:
Prinz und Partner GbR, 81241 München

72 Erfinder:
gleich Anmelder

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 41 15 445 C2
DE 35 45 875 C2
DE 198 52 149 A1
DE 197 14 383 A1
DE 196 37 682 A1
DE 195 36 297 A1
DE 43 13 104 A1
DE 41 30 237 A1
DE 36 32 450 A1
US 44 31 290 A
EP 02 26 732 A2

JP 07260451 A., In: Patent Abstracts of Japan;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Kamera zur kostengünstigen Erfassung der Raumform von Körpern

57 Bei der automatischen photogrammetrischen 3-D Digitalisierung eines mit einem markierten Überzugs gekennzeichneten Körpers oder Körperteils wird die zur Bildaufnahme eingesetzte Kamera durch zusätzliche, am Kamerakörper befestigte Lichtmusterprojektoren erweitert, welche geometrisch einfache Strukturen wie Punkte oder Linien auf den Körper projizieren. Diese visuell ohne das Sucherbild sichtbaren Strukturen erleichtern die manuelle Ausrichtung der Kamera und die Einnahme des korrekten Abstandes von Kamera zu Körper bei der Erstellung der zahlreichen, für die photogrammetrische Auswertung erforderlichen, sich überlappenden Einzelaufnahmen. Durch diese manuell vorgegebene Ausrichtung wird die automatische Zuordnung der photogrammetrischen Marken in den einzelnen Bildpaaren mit Hilfe von Bildverarbeitungsverfahren erleichtert und sicherer automatisiert durchführbar. Bei der eigentlichen Bildaufnahme werden die Projektoren ausgeschaltet.

DE 100 49 926 A 1

[0001] Zahlreiche Produkte müssen an die individuelle Form des Körpers angepasst werden, für den sie bestimmt sind. So müssen viele im Kontakt zum menschlichen Körper stehende Produkte wie Schuhwerk, Oberhemden, Hosen, Handschuhe, orthopädische Artikel wie Kompressionsstrümpfe und Bandagen, Sportstützen, Brillengestelle usw. passen, d. h. ihre dreidimensionale Geometrie muss der 3-dimensionalen Raumform des entsprechenden Körperteils entsprechen. Diese Passbedingungen gelten nicht nur für Produkte, welche an den menschlichen Körper angepasst werden müssen sondern im erweiterten Sinne auch für Produkte oder Komponenten, welche an technische Körper angepasst werden müssen. Als Beispiele seien die Anpassung eines Kunststoffgehäuses an den mechanischen Unterbau eines Haushaltgerätes genannt.

[0002] Die Erfassung der Raumform, d. h. der dreidimensionalen Geometrie von Körpern geschieht heute mit sog. 3D Scanner, welche in der Regel auf den Verfahren der Streifenprojektion, der Lasertriangulation, der Stereovermessung, der Photogrammetrie und den Verfahren der punktwisen Abtastung der Entfernung der Oberfläche des zu erfassenden Körpers mit einem Abstandsmessgerät beruhen. Für die Vermessung des menschlichen Körpers werden diese Geräte oft auch "Body-Scanner" genannt, für eher technische Anwendungen spricht man von 3D Digitalisierer. Allen diesen Verfahren ist gemeinsam, dass sie relativ komplexe und damit auch teure elektrooptische Systeme darstellen. Derzeitige BodyScanner kosten beispielsweise zwischen 100.000.- und 250.000.- Euro.

[0003] In dem Patent EP 0 760 622 B1 "Digitised Sensing Process and Arrangement for the threedimensional Shape in space of Bodies and Body parts" beschreibt der Erfinder R. Massen eine extrem kostengünstige Art der Erfassung der Raumform von Körperteilen, welche auf der Mehr-Kamera oder der Ein-Kamera Photogrammetrie beruht. Hierzu wird das zu digitalisierende Körperteil mit einem eng anliegenden elastischen Überzug versehen, welcher mit photogrammetrisch auswertbaren Marken versehen ist. Das Körperteil wird aus verschiedenen Raumpositionen, welche nicht bekannt und raumfest sein müssen, abgebildet und aus den sich überlappenden Einzelbildern mit Hilfe photogrammetrischer Rekonstruktionsverfahren die Raumkoordinaten der Marken bestimmt.

[0004] In der Patentanmeldung DPA 100 25 922.7 "Automatische photogrammetrische Digitalisierung von Körpern und Objekten" beschreibt der Erfinder R. Massen verschiedene Verfahren, wie durch eine Codierung des Hintergrundes zwischen den Marken eine automatische Registrierung, d. h. Zuordnung der Marken in Bildpaaren, durchgeführt werden kann. So wird z. B. beschrieben, wie durch eine flächenhafte farbige Markierung von Hintergrundregionen durch eine einfache Farbklassifikation korrespondierende Regionen in zwei Bildern mit den Verfahren der Digitalen Farbbildverarbeitung bestimmt werden können.

[0005] Für eine photogrammetrische Rekonstruktion ist es erforderlich, dass sich Bildpaare ausreichend überlappen, d. h. dass möglichst viele gleich Marken in zwei korrespondierenden Bildern enthalten sind.

[0006] Die Berechnung der 3D Koordinaten der Marken ist umso genauer, je senkrechter die Kamerapositionen von einem Bildpaar zueinander ausgerichtet sind. Da in der Regel die inneren Parameter der Kamera wie Brennweite, Anzahl und Grösse der Bildpunkte (im Fall einer digitalen Kamera), Lage der optischen Achse relativ zur Bildebene usw. durch eine vorherige Kalibrierung bestimmt wurden und für alle Aufnahmen konstant sein müssen, muss die Brennweite

konstant gehalten werden. Dies bedeutet, dass keine Zoom-Funktionen benutzt werden und dass auch Autofocus-Einrichtungen ausgeschaltet werden müssen. Scharfe Bilder sind damit nur zu erhalten, wenn der Abstand der Kamera zum abzutastenden Körperteil bei allen Raumpositionen in etwa konstant ist.

[0007] Für einen Bediener, welcher die Kamera freihändig um den zu erfassenden Körperteil herum führt, ist diese Bedingung nicht einfach einzuhalten.

[0008] Für die automatische photogrammetrische Auswertung der Bilder des durch den eng anliegenden Überzugs markierten Körperteils sind die in der DPA 100 25 922.7 beschriebenen Hintergrundmarkierungen bereits sehr hilfreich. Es werden aber immer noch hohe Anforderungen an die Bildverarbeitungsverfahren gestellt, wenn die korrespondierenden Marken aus Bildpaaren gefunden werden müssen, bei denen über die Orientierung der Kamera im Raum nichts bekannt ist. Es bedarf dann aufwendiger und damit auch fehlerträchtiger Suchverfahren, um zu vermeiden, dass Marken in den jeweilig analysierten zwei Bildern einander zugeordnet werden, welche in Wirklichkeit sich nicht entsprechen.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine zur photogrammetrischen Digitalisierung eines mit Marken gekennzeichneten Körperteils geeignete Kamera zu entwickeln, welche es dem in der Photogrammetrie unerfahrenen Benutzer erlaubt, sich überlappende Bilder des markierten Körperteils so aufzunehmen, dass eine genaue, einfache und robuste automatische photogrammetrische Auswertung ermöglicht wird. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass die zur photogrammetrischen Erfassung eingesetzte Kamera optische Hilfen in Form einfacher Punkt- oder Linienprojektoren aufzeigt, anhand derer der Benutzer eine vorteilhafte Ausrichtung der Kamera in Bezug auf den zu digitalisierenden Körperteil, einen ungefähr konstanten Abstand zu diesem Körperteil sowie eine festgelegte Reihenfolge der einzelnen erforderlichen Raumpositionen einhalten kann.

[0010] Das Verfahren und die Anordnung seien beispielhaft, aber nicht einschränkend an einem Anwendungsfall aus dem Bereich der Orthopädie, nämlich der 3D Digitalisierung von Beinen zur automatischen Anpassung von Kompressionsstrümpfen beschrieben. Hierbei wird ebenfalls beispielhaft davon ausgegangen, dass das zu digitalisierende Bein nach EP 0 760 622 B1 mit einem eng anliegenden, markierten elastischen Überzug bekleidet ist und dass die eingesetzte Kamera eine digitale Farbkamera ist, welche von dem Bediener freihändig in acht sich überlappende Raumpositionen um des Bein herum geführt wird. Die in diesem Beispiel benutzten linienhaften Markierungen sind ebenfalls als Beispiel zur Erklärung des Erfindungsgedanken und nicht einschränkend zu sehen.

[0011] In Fig. 1 wird ein venenkrankes Bein 1 gezeigt, welches vom Fuß aufwärts bis etwa zum Schritt in seiner Raumform erfasst werden soll, damit ein angepasster Kompressionstrumpf so gefertigt werden kann, dass an den Stellen krankhafter Schwellungen 2 und 3 ein stärkerer Druck auf das Gewebe ausgeübt wird als an den gesunden Stellen.

[0012] In Fig. 2 ist das Bein gemäß dem Patent EP 0 760 622 B1 mit einem markierten, eng anliegenden Überzug 1 bekleidet, wobei als Markierungen senkrechte 2 und waagrechte 3 dunkle Linien verwendet werden. Die Kreuzungspunkte der Linien werden beispielhaft als photogrammetrisch auswertbare Marken benutzt. Weiterhin sind beispielhaft die erforderlichen acht sich überlappenden Aufnahmepositionen rund um das Bein herum durch acht kreisförmige Punkte 4 im Oberteil gekennzeichnet, wobei zusätzlich zur Unterstützung des Bedieners diese Punkte durchnummeriert sind.

[0013] Ohne eine Hilfe ist es für den Benutzer außerordentlich schwer, eine Kamera, welche wie oben beschrieben, eine feste Brennweite und damit keine Autofokus-Möglichkeiten hat, in einem konstanten Abstand von der Oberfläche zu führen und die Kamera so auszurichten, dass die automatische Zuordnung der Bilder der Marken (hier der Linienkreuzungspunkte) einfach ist. Es ist außerdem sehr schwer, die genaue Ausrichtung und den richtigen Abstand lediglich durch den Blick durch den Sucher bzw. durch die Betrachtung des evtl. vorhandenen LCD-Sucherbildschirms zu erreichen, da der Bediener der Kamera sich auf den Patienten konzentrieren muss.

[0014] Erfindungsgemäß wird, wie in Fig. 3 gezeigt, die Kamera 1 mit zwei Punktprojektoren 2 und 3 ausgestattet, realisiert beispielsweise durch zwei Laserdioden-Punktprojektoren, welche in einem solchen Winkel angeordnet sind, dass sie beim Auftreffen auf den markierten Überzug den von der Kamera erfassten Bildausschnitt in einer Dimension markieren. Damit kann der Benutzer unmittelbar die Kamera so ausrichten, dass der erfasste Bildausschnitt sich in einer bekannten und damit photogrammetrisch leicht automatisch auswertbaren Lage befindet. Im vorliegenden Beispiel würde diese Vorschrift für die Handhabung der Kamera lauten:

[0015] "Richte die Kamera so aus, dass der obere Laserpunkt den auf dem Überzug aufgetragenen Punkt beleuchtet und richte die Kamera so aus, dass der zweite Laserpunkt die von dem aufgedruckten Markierungspunkt ausgehende senkrechte Linie trifft". Diese Ausrichtung ist in Fig. 4 dargestellt.

[0016] Werden nach dieser, durch die optische Hilfe der Punktprojektoren leicht und intuitiv, eingenommenen Aufnahmepositionen Nr. 1 bis 8 die Bilder aufgenommen, so entsteht ein Satz von Bildern, bei welchen die Orientierung der Kamera immer gleich und parallel zu den senkrechten Markierungslinien ist. Damit ist es für eine automatische Zuordnung der Marken aus den einzelnen, sich in einer bekannten Systematik folgenden Aufnahmen (z. B. in steigender Numerierung der markierten Punkte) einfach, die korrespondierenden Kreuzungspunkte mit Verfahren der 2D Bildverarbeitung und Mustererkennung durchzuführen.

[0017] Dieses erfindungsgemäße Verfahren erleichtert die Ausrichtung (Drehlage und Translation) der Kamera zum zu digitalisierenden Körperteil, nicht jedoch das Einhalten eines (aus der Brennweite der Kamera) vorgegebenen Abstandes D zum Körperteil. Erfindungsgemäß wird daher wie in Fig. 4 dargestellt, ein weiterer Punktprojektor 4 so an der Kamera angebracht, dass er in einem festen Winkel Alpha zu einem der anderen Punktprojektoren, z. B. zum Projektor 2 abstrahlt. Der Winkel Alpha ist so gewählt, dass beim Erreichen des vorgegebenen Abstandes D sich die Punkte des Projektors 4 und des Projektors 2 überlagern. Dies ist für den Bediener der Kamera eine sehr einfache visuelle Hilfe.

[0018] Ist der Abstand grösser oder kleiner als D, so sind zwei getrennte Leuchtpunkte auf der Oberfläche des Körperteils sichtbar.

[0019] Die Regel zum Digitalisieren des gesamten Beines lautet demnach:

[0020] "Beginnend mit dem Markierungspunkt Nr. 1 und in aufsteigender Folge der Markierungen:

Richte die Kamera so aus, dass der obere Laserpunkt den Markierungspunkt beleuchtet UND dass der zweite Laserpunkt die von dem aufgedruckten Markierungspunkt ausgehende senkrechte Linie trifft UND wähle den Abstand zum Körperteil so, dass sich die beiden unteren Laserpunkte überlagern; dann erstelle eine Aufnahme"

[0021] Die beschriebenen Markierungen durch drei projizierte Punkte können erfindungsgemäß auch durch andere

einfach zu projizierende Strukturen gebildet werden. Statt zwei Punkte kann z. B. eine durchgehende Linie projiziert werden. Statt einen Punkt unter einem Winkel zu einem anderen Punktprojektor kann der Abstand auch durch die Projektion eines Kreises visualisiert werden. Dabei wird der Kreisdurchmesser beispielsweise so gewählt, dass beim korrekten Abstand der sichtbare Kreis zu einem Punkt schrumpft. Der Erfindungsgedanke umfasst alle projizierbaren Strukturen, welche die Ausrichtung der Kamera am Körperteil bzw. an den Markierungen des den Körperteil bekleidenden Überzugs visuell ermöglichen, ohne das Sucherbild der Kamera oder das von der Kamera erzeugte elektronische Bild zur Ausrichtung betrachten zu müssen. Es erfasst alle projizierbaren Strukturen, welche es visuell ermöglichen, den korrekten Abstand zum Körperteil einzunehmen. Erfindungsgemäß kann diese Hilfe auch an einer Videokamera angebaut werden, um bei laufender Videokamera photogrammetrisch einfach auswertbare, einfach zueinander orientierte und im korrekten Abstand aufgenommene Bildsequenzen zu erzeugen.

[0022] Erfindungsgemäß werden die Projektoren vor der Bildaufnahme ausgeschaltet, damit die projizierten Strukturen die photogrammetrischen Marken bei der Bildaufnahme nicht stören. Erfindungsgemäß können die Strukturen auch in einer für das Auge im Kontrast zum Hintergrund gut sichtbaren Farbe projiziert werden. Mit Verfahren der Farb-bildverarbeitung können diese Farben automatisch aus den Markenbilder wieder entfernt werden, so dass die Projektoren während der eigentlichen Bildaufnahme nicht ausgeschaltet werden müssen.

[0023] Erfindungsgemäß bleiben die Projektoren während der Bildaufnahme eingeschaltet und die projizierten Strukturen mit Verfahren der Bildverarbeitung ausgewertet um Informationen über die korrekte Aufnahme aus dem Bild selbst abzuleiten. So kann z. B. die Auswertung der auf den Abstand reagierenden Struktur Aussagen ergeben, ob das Bild im richtigen Abstand aufgenommen wurde.

[0024] Erfindungsgemäß können die projizierten Strukturen zur Überprüfung eines korrekten Abstandes auch bei üblichen, ausserhalb der Photogrammetrie eingesetzten Kameras zum Einsatz kommen, um dem Benutzer zu helfen, einen korrekten Abstand von einem aufzunehmenden Objekt einzuhalten.

Patentansprüche

1. Kamera zur kostengünstigen photogrammetrischen Erfassung der Raumform eines mit photogrammetrischen Marken versehenen Körpers oder Körperteils **dadurch gekennzeichnet** dass eine für die Aufnahme des markierten Körperteils geeignete Kamera zusätzlich, am Kamerakörper befestigte Lichtprojektoren aufweist, welche auf der Oberfläche des zu digitalisierenden Körpers visuell leicht erkennbare Strukturen erzeugen, deren Form, Anordnung und Anzahl so gewählt ist, da sie die manuelle Ausrichtung der Kamera an den photogrammetrischen Marken und/oder den Abstand zu dem zu digitalisierenden Körper ohne Betrachtung des optischen oder elektronischen Sucherbildes der Kamera ermöglichen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet dass die aufprojizierten Strukturen kontrastreiche Punkte sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet dass die aufprojizierten Strukturen Linien sind.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die aufprojizierten Strukturen einfache, zum Hintergrund kontrastreiche geometrische Formen

haben.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet dass die aufprojizierten Strukturen zum Hintergrund kontrastierende Farben haben

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis dadurch gekennzeichnet dass die aufprojizierten Strukturen zur Ausrichtung der Kamera die Bildweite und die 2-dimensionale Ausrichtung der Kamera visuell erkennen lassen.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Strukturen zur Erkennung des korrekten Abstandes zum Körperteil von zwei sich in einer Triangulationsanordnung befindlichen Strukturprojektoren erzeugt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die aufprojizierten Strukturen bei korrektem Abstand eine visuell auffällige Form und/oder Farbe annehmen.

9. Verfahren nach Anspruch 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die aufprojizierten Strukturen zwei Bildpunkte sind, welche sich bei korrektem Abstand überlagern.

10. Verfahren nach Anspruch 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet dass die aufprojizierten mehrfarbigen Strukturen sich beim korrekten Abstand so überlagern, dass ein sichtbarer Farbwechsel auftritt.

11. Verfahren nach Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die aufprojizierten Strukturen mit Laserlichtquellen erzeugt werden.

12. Verfahren nach Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die aufprojizierten Strukturen durch Licht emittierende Dioden erzeugt werden

13 Verfahren nach Anspruch 1 bis 10 dadurch gekennzeichnet, dass während der Bildaufnahme die Strukturprojektoren ausgeschaltet werden.

14. Anordnung zur Durchführung der Verfahren nach Anspruch 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet dass an einer Kamera zur Aufnahme eines mit photogrammetrisch auswertbaren Marken gekennzeichneten Körpers oder Körperteils Lichtpunktprojektoren unter einem Winkel fest angebracht sind, dass der Winkel so gewählt ist, dass die Punkte beim Auftreffen auf dem Körperteil den von der Kamera erfassten Bildausschnitt optisch markieren und/oder dass mindestens ein weiterer Lichtpunktprojektor, unter einem anderen Winkel in Bezug auf einen der vorher genannten Lichtpunktprojektoren an dem Kamerakörper befestigt ist und dass diese Projektoren eine Triangulationsanordnung bilden dergestalt, dass bei dem korrekten Abstand von Kamera zur Oberfläche die Punkte sich überlagern.

15. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet dass an einer Kamera zur Aufnahme eines mit photogrammetrisch auswertbaren Marken gekennzeichneten Körperteils ein Lichtlinienprojektor fest angebracht ist, dass der Öffnungswinkel der Projektionsoptik so gewählt ist, dass die Linie beim Auftreffen auf dem Körperteil den von der Kamera erfassten Bildausschnitt optisch markiert und/oder dass ein weiterer Lichtpunktprojektor unter einem Winkel in Bezug auf den vorher genannten Lichtlinienprojektor an dem Kamerakörper befestigt ist und dass diese beiden Projektoren eine Triangulationsanordnung bilden dergestalt, dass bei dem korrekten Abstand von Kamera zur Oberfläche der Punkte und die Linie sich visuell erkennbar überlagern.

16. Anordnung zur Durchführung der Verfahren nach Anspruch 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet dass die Lichtmusterprojektoren mechanisch an einer stabilen Schiene befestigt sind und über eine Stativverschrau-

bung am Kamerakörper dort befestigt werden, wo sich Befestigung für ein Stativ befindet.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

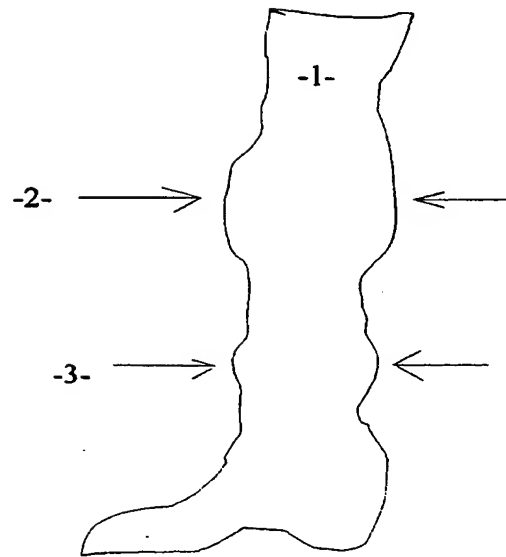


Fig. 1

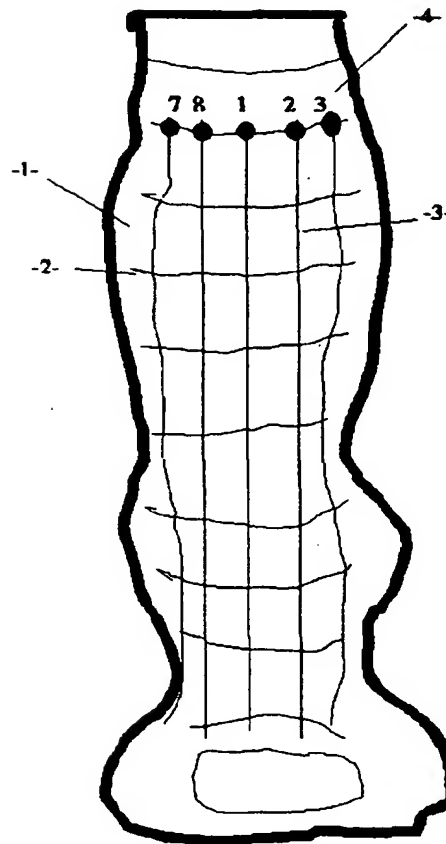


Fig. 2

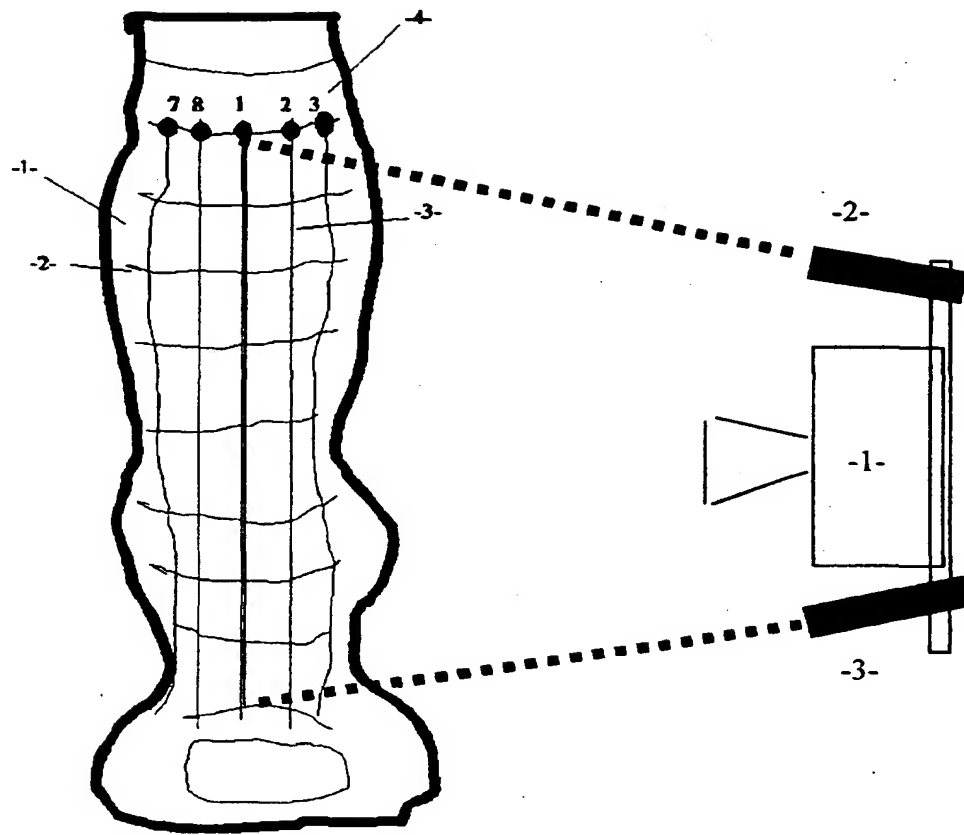


Fig. 4

